



Vebsayt: <https://involta.uz/>

## NANOTEXNOLOGIYA FANINING RIVOJLANISH TARIXI VA ELEKTROTEXNIKA FANI ASOSIDA NANOTEXNOLOGIYA FANINING RIVOJLANISHI

I.G.Tursunov

*Chirchiq Davlat Pedagogika institute*

M.X.Ruzibayeva

*Chirchiq Davlat Pedagogika institute*

### ANNOTATSIYA

Maqolada kundan–kunga jadallik bilan rivojlanib borayotgan hayotimizda, nanotexnologiya o'rnini ishlatilish va kelgusida kutilayotgan natijalari haqida ma'lumotlar berish. Nanotexnologiyalarda kvant effektlar. Elektrotexnikada ishlatiladigan vositalarni yanada takomillash, kelajakda ushbu yaratilgan ixtiro va yangiliklardan yanada ko'proq ishlatish misolida qarab chiqilgan.

**Kalit so'zlar:** zamonaviy axborot texnologiyalari, pedagogika, innovatsion texnologiya

**KIRISH:** Odamzod o'ziga doimo qulaylik izlaydi,ishini yengillashtiruvchi texnik qurilmalar yaratishga intiladi.Ko'pincha qulaylik u yoki bu qurilmaning o'lchamlarini kichraytirish bilan bog'liq. Zamonaviy ilg'or texnologiyalarning rivojlanishi miniatyuralashuv-texnologiya mahsuloti o'lchamining kichrayib borishi bilan yuz bermoqda.Bu rivojlanishyaqin kelajakda elektronikaning mikrostrukturadan nanostrukturaga o'tishi olib keladi. Bir necha yuz yillar davomida odamlar hamma narsalarni deyarli bir xil o'lchamda 1 metr,yoki shunga yaqin bo'lgan kattaliklarda o'lchab keladi. XVII asrda odam ko'zi mikroskop yordamida ming marta kichik obyektini ko'ra boshlagan .Ammo buyumlarning va mexanizmlarning kichrayishi ,materiallar va qurilmalarning kichrayishiga bog'liq. XX asrning o'rtalarida vakuum lampalar elektronikaning rivojlanishiga olib keldi.Ommabop holatda televizorlar ishlab chiqarila boshladi.XX asrning o'rtalarida o'lchamlar yana ming marta kichraydi-natijada hisoblash mashinalarning imkoniyati keskin oshdi.15 yil ichida 1981 yilda birinchi personal kompyuter yaratildi.Odamzod tarixida internet bilan bog'liq yangi sahifa ochildi,ya'ni internetdan foydalanila boshladi.

### **ASOSIY QISM:**

Insoniyat madaniyatining rivojlanishi yangi materiallarni o'zlashtirish bilan bog'liq. Yog'och va tosh – odam o'zlashtirgan birinchi materiallar hisoblanadi. Bu materiallardan qilingan mehnat va ov qilish qurollari yovvoyi ibtidoiy jamoadagi odamga tirik qolishning samarali imkonini berdi. So'ngra odamlar mis va bronzani eritishni o'rgandilar. Mehnat va ov qilish qurollari mukammallashib bordi va odam atrof-muhitning “xo'jayini” bo'lib oldi.Temirni o'zlashtirish esa odamzotga sanoatni yaratish va rivojlantirishiga, o'zining taraqqiyotida ulkan sakrash qilishiga olib keldi. Elektronikaning yutuqlari zamona odamlarining turmush tarzini butunlay o'zgartirib yubordi. Biz hozirgi hayotimizni uyali telefonlar,kompyuterlar, televizorlar va h.larsiz tasavvur eta olmaymiz. Elektronikaning rivojlanishi odamlarning yangi material – kremniyni o'zlashtirishlari natijasida yuz berdi. Materiallarni olishning yangi usullarini o'ylab topib va rivojlantirib odamlar

texnologiyalar yaratdilar. “Texnologiya” so’zi yunoncha “techne”-san’at, mohirlik, ustalik va “logos”- fan so’zlariidan kelib chiqqan. Quyidagi ta’rifni berish mumkin: texnologiya – mahsulotni ishlab chiqarish jarayonida xom ashyo yoki materialni qayta ishlash, tayyorlash, holatini, xossalarini, shaklini o’zgartirishning vosita va usullarining to’plami. Bolta yoki kompyuterni tayyorlash uchun texnologiyaga – dastlabki materialni qayta ishlash va ulardan tayyor mahsulotni olish vositalari va usullariga ega bo’lish kerak. Texnologiya moddiy mahsulot olish uchun materiyaning dastlabki holatini yoki sifatini o’zgartiradi. Texnologiyaning vazifasi insonning olam va tabiat haqidagi bilimlarini odamlar uchun zarur va foydali bo’lgan moddiy mahsulotga aylantirishdan iborat. Materiallarga ishlov berish va mahsulot tayyorlash jarayonida inson geometrik o’lchamlari turlicha bo’lgan materiallarni o’zlashtiradi. akroskopik (“makro” - katta) ob’ektlar deb, odam qurollanmagan ko’zi bilan ko’rishi mumkin bo’lgan ob’ektlarni ataladi. Minglab yillar davomida insoniyat turmushda va texnikada katta miqdordagi atomlardan tashkil topgan makroskopik jismlardan, u yo bolta, yo avialayner bo’lsin, foydalanib keldi. Daraxt, stol, odam, fil va h.larning hammasi makroskopik olam ob’ektlaridir. Piyola, arra, avtomobil va h.larni tayyorlash texnologiyalari makroskopik olam texnologiyalaridir. Optik mikroskop kashf etilgandan so’ng odam o’zi uchun mikroolam ob’ektlarini kashf etdi. Mikroskopik (“mikro”- kichik) ob’ektlar deb, o’lchamlari 1 – 100 mkm oralig’ida bo’lgan ob’ektlarga aytiladi. Mikro qo’shimchasi biror narsaning milliondan bir qismini bildirishini eslatib o’tamiz. 1mkm.li uzunlik birligi 10<sup>-6</sup> m yoki 0,0001sm.ga teng. Biologik hujayra, qon eritrotsiti va h.lar mikroolam ob’ektlari hisoblanadilar. Mikroolam texnologiyalariga misol qilib elektronli mikrosxemalar olishni, genni o’zgartirishni keltirish mumkin. Nanometrli deb, o’lchamlari 1dan – 100nm.gacha bo’lgan ob’ektlarni aytiladi. Nano (yunoncha nanos-karlik, gnom, mitti) qo’shimchasi biror birlikning milliarddan bir (10<sup>-9</sup>) ulushini anglatadi. Masalan, nanometer metrning milliarddan bir qismi (1nm=10<sup>-9</sup>m). Tushuntirish sifatida quyida keltirilgan rasmda tabiiy va sun’iy olam ob’ektlarining o’lchamlari logarifmik masshtabda

ko'rsatilgan. Nanometr tushunchasiga illyustratsiya: ob'ektlar va ularning o'lchamlarini logarifmik masshtabda solishtirilishi. Atomlar va kichik molekularlar 0,1 dan 1 nanometr tartibidagi o'lchamlarga egalar (solishtirish uchun: odam sochi molekuladan taxminan 60 000 marta yo'g'onroq). O'lchamlarning bunday bosqichida fizika, ximiya, biologiyakabifanlarningorasidagichegarayo'qoladi. anotexnologiyalar termini orqali nanometr o'lchamli materiallar, qurilmalar, sistemalarni yaratish va foydalanishni tushuniladi. Nanotexnologiyalar atom va molekulyar masshtabdagi ob'ektlar bilan ishlashga imkon beradilar. Odam har doim o'zi uchun qulayl texnik qurilmalar yaratishga intililadi. Ko'pincha qulaylik u yoki bu qurilmaning o'lchamlarini kichraytirish bilan bog'liq. Haqiqatan ham, yassi televizor kub shaklidagi televizordan qulayroqligi hammaga ma'qul. Agar dastlabki kompyuterlar bir necha xonalarni egallagan bo'lsalar, zamonaviy kompyuterlar sumkaga yoki kiyim cho'ntagiga ham joylanaveradi. Zamonaviy ilg'or texnologiyalarning rivojlanishi miniatyuralashuv - texnologiya mahsuloti o'lchamining kichrayib borishi bilan yuz bermoqda. Elektronika sohasida ishlayotgan olimlar va mutaxassislariga G. E. Mur aniqlagan qonuniyat ma'lum. Bu qonuniyatga ko'ra, mikroprotessorlarning hisoblash imkoniyatlari chiplarning zichligini kattalashtirish va ularning o'lchamlarini kichraytirish hisobiga har ikki yilda ikki marotabaga ortadi. Bu qonun universal bo'lib chiqdi va 40 yildan beri boshqa, molekulyar biologiya, mikromexanika, mikrosistemali texnika kabi "kritik" texnologiyalar sohasida bajarilmoqda. 8 tranzistorlar va elektronikaning diskret boshqa elementlari tez orada sanoqli atomlardan tashkil topgan bo'ladilar. Bugun nanotexnologiyalar mikroelektronli, optik, biologik va boshqa zamonaviy texnologiyalarning davomi hisoblanadilar. Insoniyat taraqqiyotining tarixida yangi materiallar va texnologiyalarni o'zlashtirish bilan bog'liq bo'lgan bir necha tarixiy bosqichlarni ajratish mumkin. Birinchi ilmiy - texnikaviy inqilob - industrial, yoki energetik – D. Uatt 1769 yilda mukammallashtirilgan bug' dvigateliga asosiy patent olgan vaqtdan boshlanadi, bu ishlab chiqarishning hamma turlarida, qishloq xo'jaligida va transportda mehnat samaradorligini keskin oshirdi. Ilmiy texnikaviy

inqilob temirdan mahsulotlar tayyorlash texnologiyalari evaziga amalga oshdi. Bu texnologiyalarning mahsulotlari bizga odatiy makroolam bilan bog'liq. XX asrning 60-yillarida, mikroelektronikaning rivojlana boshlashi bilan, ikkinchi (axborot) ilmiy- texnikaviy inqilobi boshlandi. Avtomobillar va boshqa harakatlanish vositalari, stanoklar, asboblarni makroskopik jismlarligicha qoldilar (chunki, masshtab birligi bo'lib odam tanasining o'lchamlari ishlatiladi), ammo, boshqaruvchi elementlar, axborotni uzatish va qabul qilish qurilmalari nihoyatda murakkablashib bordi, ularni tashkil etuvchi birlamchilari (tranzistorlar, kondensatorlar, qarshiliklar) esa tobora miniyuralashdi. Ikkinchi ilmiy-texnikaviy inqilob mikromuhitda amalga oshirilgan kremniyli texnologiyalar bilan bog'liq. Olimlar, yaqin on yilliklar nanotexnologiyalar – uchinchi ilmiy-texnikaviy inqilob davri bo'ladi deb, taxmin qilmoqdalar. Amerikalik olim E. Teller aytganidek: “Kimki nanotexnologiyani boshqalardan oldin egallasa, XXI asr texnosferasida etakchi o'rinni egallaydi

### NANOTEXNOLOGIYALARDA KVANTLI EFFEKTLAR

Nanomateriallarning e'tiborli, noyob xossalari 100 nm.dan kichik o'lchamlardan boshlab kvantli effektlar ahamiyatli bo'lib qoladigan, kvantli mexanika qonunlariga bo'ysinadigan faktorlar bilan aniqlanadi. Kvantli mexanikaning tug'ilgan kuni qilib 14 dekabr 1900 yil hisoblanadi. Shu kuni Maks Plank Nemis fiziklari jamiyatining majlisida yorug'lik energiyasi kvantlanib (kvant lotincha quant – qancha so'zidan olingan) nurlanadi degan taxminini aytdi. Bu taxmin – gipotezaga ko'ra bitta kvantning energiyasi chastotaga proporsional bo'lishi kerak:

$E=h\nu=h\omega$  (1.1) bu erda  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  – Plank doimiysi;  $\hbar = h/2\pi$  va  $\omega = 2\pi\nu$ . Yorug'lik oqimining energiyasi mos holda :  $E_n = nh\nu$  (1.2) ga teng bo'ladi, bu erda  $n = 1, 2, 3, \dots$  – butun sonlar yoki kvantlar miqdori. “Kvant” so'zi kvant mexanikaga nom berdi. Energiyaning kvantlanishi deyilganda, biror- bir ruxsat etilgan qiymatlarning to'plamidan energiya faqat diskret qiymatlarnigina qabul qila olishlik fakti tushuniladi. Bu fakt atom va

molekulalarni, hamda kvant nuqtalarni qaralayotganda dolzarb, ahamiyatli bo'lib qoladi. Kvant nuqtalarning energiyasi, atomlarniki kabi, diskret qiymatlarni qabul qiladi, shuning uchun kvant nuqtalarni sun'iy atomlar deb ham aytiladi. 1927 yili fizikada kvantli inqilob yuz berdi – elektronning to'liq xossalari tajribalarda namoyon bo'di. Ikki tadqiqotchi K. D. Devisson va Jorj Tomsonlar bir-biridan mustaqil holda elektronlarning nikel monokristalidagi difraktsiya hodisasini kuzatdilar. Zarrachalarning to'liq tabiatlari haqidagi gipotezani 1924 yilda frantsuz olimi Lui de Broyl oldinga surgan, va u uch yildayoq tasdiqlandi. Uning faraziga ko'ra  $m$  massali va  $v$  tezlikdagi zarrachaning erkin harakatini monoxromatik to'liq sifatida tasavvur etish mumkin. Bu monoxromatik to'liqni de Broyl to'liqini deb ham aytiladi. Uning uzunligi  $\lambda = \frac{h}{mv}$ , (1.3) tarqalish yo'nalishi esa zarracha harakati yo'nalishi bo'yicha bo'ladi (1.1-rasm). Massasi 0,20 kg, tezligi 15 m/s bo'lgan to'liqning to'liqini uzunligi  $2,2 \cdot 10^{-34}$  m. Bunday kichik kattalikni aniqlaydigan asbob dunyoda yo'q, shuning uchun, bizga to'liqning to'liq xossalari ko'rinmaydi. Aksincha, 100 V potentsiallar farqida tezlashtirilgan elektronning to'liqini uzunligi  $1,2 \cdot 10^{-10}$  m, 11 yoki 0,12 nm, bu esa, nikell kristalidagi atomlararo masofaga rosa mos keladi. (1.3) formuladan ko'rinadiki, elektronning energiyasini o'zgartirib, uning to'liqini uzunligini o'zgartirish mumkin. Bu fakt zamonaviy elektronli mikroskoplarda muvoffaqiyat bilan foydalanilmoqda, bunda, elektronlarning energiyasini boshqarib, uning to'liqini uzunligini o'zgartiriladi, va shu orqali mikroskopning ajratish qobiliyatini ham boshqariladi. 1.1-rasm. de-Broyl to'liqining sxematik tasviri. Elektronning to'liq xossalari kashf etilgandan so'ng kvantli mexanika, so'ngra yadro fizikasi jadal rivojlandi. Kvantli mexanika asosida atom energetikasi, qattiq jism fizikasi shakllaandi, rivojlandi. Qattiq jism fizikasi makro-, mikro- va nanobosqichdagi moddalarning tuzilish qonuniyatlarini o'rganadi. Nanotexnologiyalarda qo'llaniladigan asosiy effektlar zonali nazariya, yoki, energetik zonalar nazariyasi bilan bog'liq. Nanotexnologiya, yadro fizikasidan farqli holda atomlar bilan emas, balki, molekulalar, klasterlar va nanokristallar bilan ish ko'radi. Molekula, qoidaga ko'ra, bir necha atomlardan tashkil topgan, klaster – bir

necha o'n va yuz atomlardan, nanokristall – bir necha yuz va minglab atomlardan, monokristall 1018 dan ham ko'proq atomlardan tashkil topgan. Qizig'i shundaki, yakka atomdan molekulaga, klasterga yoki nanokristallga o'tilganda energetik sathlarning joylashuvida muhim o'zgarishlar ro'y beradi. Pauli printsiptiga ko'ra bitta energetik sathda ikkitadan ortiq elektronning bo'lishi ta'qiqlanadi. Buning natijasida bir atom boshqasiga yaqinlashganda sathlar ikkiga ajraladi (1.2 a, b- rasm). O'nta, yuzta va minglab atomlar qo'shilganda sathlar o'shancha miqdorga ajraladalar(1.2 v- rasm). Shunday qilib, nanokristall hosil bo'ladi, sathlar orasidagi masofa kichrayadi, ammao ular diskretligicha, bir- biridan farqlanadigan holda qoladi. Monokristall hosil bo'ladigan holda (1.2 g- rasm) atomlar miqdori 1018 ga teng va undan ham ko'proq bo'lib qoladi, sathlar orasidagi masofa esa, 10-18 eV, natijada sathlarni farqlab bo'lmay qoladi. Energetik sathlarning uzluksiz guruhini zona deb atash qabul qilingan. Zonalarni ruxsat etilgan va ta'qiqlanganga ajratiladi. Ruxsat etilgan zona - elektronga joylashish ruxsat berilgan energetik sathlar joylashgan zona. Ta'qiqlangan zona - energetik sathlar yo'q bo'lgan zona, va elektron u erda bo'lishi ta'oiqlangan. Kristalldan nanokristallga o'tilganda sathlar orasidagi oraliq kattalashib borishi ko'rinadi (1.2 g, v- rasm). Bu fakt kvant- o'lchamli effekt nomini olgan- nanozarrachalarning o'lchamlari kichrayganida energetik oraliqlar orasidagi energiya, demakki, nurlanish kvantlari energiyasi ham kattalashadi. Xuddi shu sababli, nanozarrachalarning kolloid eritmalarini tuslanish va nurlanish ranglari ularning o'lchamlariga bog'liq. Kvanto'lchamli effektlar nanotexnologiyalarda katta rol o'ynaydi. Masalan, nanokristallar o'lchamlarini texnologik parametrlarini o'zgartirib, yani, variatsiyalab elektrolyuminestsentsiyaning turli ranglarini olish mumkin. Valent elektronlar tashkil etgan energetik zonani valent zona deb ataladi. Valent zonadan yuqoridagi zonani o'tkazuvchanlik zonasi deyiladi. Kristallar valent va o'tkazuvchanlik zonalarining qanday to'ldirilganiga bog'liq holda dielektriklar yoki o'tkazgichlar (metallar) hisoblanadilar. Dielektriklarda valent zona elektronlar bilan to'ldirilgan, o'tkazuvchanlik zonasi esa- bo'sh. Metallarni dielektriklardan farqi shuki, ularda



o'tkazuvchanlik zonasi qisman, valent zonasi esa butunlay to'ldirilgan. Yarimo'tkazgichlar – dielektriklarning xususiy holi: past temperaturalarda (150 – 200 K dan kichik) ularda valent zona to'ldirilgan, o'tkazuvchanlik zonasi esa bo'sh bo'ladi. Yarimo'tkazgichlarning dielektriklardan yana bir boshqa farqi ularning ta'qiqlangan zonasining nisbatan kichikligidir. Issiqlik harakatining energiyasi hisobiga xona temperaturasidayoq elektronlarning bir qismi ta'qiqlangan zonadan o'tib, o'tkazuvchanlik zonasida bo'lishi mumkin. Bu holat suyuqlikning bug'lanishiga o'xshaydi, eng tezkor molekulalar suyuqlik sirtini tark etib havoga o'tadilar. O'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar elektr maydonida yo'nalishli harakat qilib tok hosil qila oladilar, valent zonadagi elektronlar esa – hosil qila olmaydilar. Shuning uchun ham, yarimo'tkazgichlar past temperaturalarda tok o'tkazmaydilar, yuqori temperaturalarda esa - o'tkazadilar. Shundan yarimo'tkazgich degan nom berilgan. Ta'qiqlangan zonalar  $E_{g1}$  va  $E_{g2}$  bo'lgan ikki turdagi yarimo'tkazgichlarni kombinatsiyalab yo potensial to'siq, yo kvantli o'rani olish mumkin. Dastlab, sodda misol sifatida klassik holdagi potensial to'siqni - og'irlik kuchi maydonida harakatlanayotgan sharchani qarab chiqamiz. Elektron to'lqini energiyasi  $U = mgh$  ( $m$ - zarraching massasi,  $g$ - erkin tushish tezlanishi) ga aytiladi. Agar zarraching kinetic energiyasi  $E_{kin}$  potensial to'siqning balanligi  $U$  dan katta bo'lsa, zarracha nargi tomonga oshib o'ta oladi. Agar  $E_{kin} < U$  dan kichik bo'lsa, zarracha tog'cha qiyaligining faqat biror qismigacha ko'tarila oladi xolos va orqaga qaytadi, ya'ni to'siqdan qaytadi. Potensial to'siq potensial energiyaning ixtiyoriy turiga (masalan, har xil ta'qiqlangan zonali yarimo'tkazgichlarning kombinatsiyasidan hosil qilingan potensial to'siq (1.3 a- rasm)) mos kelishi mumkin. To'siqdan chap tomonda turgan elektronlarning energiyasi to'siqni engishga etarli emas. Yarimo'tkazgich 2 ning ichiga tusha olmaydi, chunki, ular energiyalarining qiymatlari to'siq ichida ta'qiqlangan, - ular ta'qiqlangan zonada bo'lib qoladilar. Shunday bo'lishiga qaramasdan, agar to'siq o'lchami bir necha atomlar qatlamini tashkil etsa, elektronlar oqimining bir qismi to'siq ortiga "teshib" o'tishi mumkin. Bu effektни tunnellanish- to'siq ichida go'yo tunnel boru, elektronlar



u orqali o'tishi, deb nomlandi. Tunnelanish effekti favqulodda kvantli tabiatga ega, va u elektronning to'lqin xossalari bilan bog'liq. To'siq geometric qancha "yupqa" va to'siq balandligi  $U$  bilan kvantli zarracha Ekin orasidagi farq qancha kichik bo'lsa, elektronning bu to'siqan o'tish inkoniyati shuncha katta bo'ladi. DeBroyl gipotezasiga muvofiq,  $m$  massali  $v$  tezlikli zarrachaga  $\lambda_0 = 2\pi\hbar/mv$  to'lqin uzunlik mos keladi. Masalan, 106 m/s tezlikka ega bo'lgan electron uchun (electron vakuumda 3 V potentsiallar farqi hisobiga bu tezlikni egallaydi)  $\lambda_0$  bir necha atomlararo masofaga teng. Agar to'siqning kengligi  $d$   $\lambda_0$  dan kichik yoki unga teng bo'lsa, zarrachaning to'siq orqali o'tish holi mumkin bo'lib qoladi. Bizni qiziqtirayotgan sodda holda tunnelli effekti quyidagini anglatadi. Agar kvantli zarrachaning to'la energiyasi  $U$  dan kichik bo'lsa ham, u potentsial to'siq  $U$  ni bir tomonidan boshqa tomoniga o'ta olish imkoniyatiga ega bo'ladi. Tunnelanish, zarrachalarning to'lqin xossalari, spin va enrgiya sathlarining kvantlanishi - bularning hammasi kvahtli tabiatning namoyon bo'lishidir. Qizig'i shundaki, energiya sathlarining kvantlanishi faqat atomlardagina sodir bo'lmasdan, balki, kvantli o'ralarda (1.3 b- rasm) ham, ularning o'lchamlari bir necha atomlar qatlamiga teng bo'lgan holda, sodir bo'laveradi. Ko'rinib turibdiki, elektronning to'siq ichidagi harakati chap va o'ng tomondan chegaralangan, chunki uni energiyasini qiymatlari bu sohalarda taqiqlangan. Agar o'ra devorlari juda baland bo'lsa, o'ra ichida faqat turg'un to'lqinlar mavjud bo'lishi mumkin, ya'ni, o'rada faqat yarimto'lqinlarning butun sonlidagisi joylashishi mumkin:  $l = n, \lambda = \frac{2d}{n}$ , bu erda  $l$  - o'raning kengligi,  $n$  - butun son. Impuls va de Broyl to'qini  $p = \hbar/\lambda$  munosabat orqali bog'langanliklarini esga olib, kvantli o'radagi ruxsat etilgan energiyalarni topish mumkin:

$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ , bu erda  $p$  - electron impulsi,  $m$  - uning massasi,  $h$  - Plank doimiysi. Elektron minimal energetik holatni olishga intilgani uchun, u quyi sathda bo'ladi va o'radan mustaqil chiqa olmaydi. Bunday jarayonni elektronni tutish (tuzoqqa tushirish) yoki blokadalash deyiladi. Elektron ozod bo'lishi uchun unga o'radagi energetik o'tishlar farqiga teng energiyani, masalan, yorug'lik kvantlari ko'rinishida,

berish kerak. Aksincha, bunday sistemadan tok o'tkazilganda elektronlar to'lqin uzunligi energiya sathlari orasidagi o'tishlar bilan qat'iy aniqlanadigan yorug'lik kvantlari nurlaydilar. Zamohaviy yarimo'tkazgichli nurlanuvchi diodlar va lazerlarning ishlash printsiplari ana shu effektga asoslangan. Geometrik nuqtai nazardan kvantli o'ra "sandvich" tuzilishiga ega, yani turli yarimo'tkazgich materiallardan qilingan uchta tekislikdan tuzilgan. Elektronning harakatini cheklash bu holda tekisliklarga perpendikulyar yonalishlarda sodir bo'ladi. Qolgan ikki yo'nalishlarda harakatni cheklovlar yo'q, va elektronlar tekislik bo'lab erkin 16 harakatlanadilar. O'xshash manzara kvantli iplarda va kvantli nuqtalarda kuzatiladi (1.5- rasm). Kvantli iplarda elektronlarning harakati ip yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalishlarda cheklangan. Ip bo'ylab elektronlar erkin harakatlanadilar. Kvantli nuqtada cheklov harakatning hamma yo'nalishlarida mavjud. Elektronlar bunday strukturada xuddi qamalib qolganday. Agar kvant nuqtani manfiy zaryadlansa, tashqi ta'sirlar bo'lmaganda bu zaryad keragicha uzoq saqlanadi. Bunday strukturalardan bo'lg'usi o'tatezkor kompyuterlarning yarimo'tkazgichli xotira elementlari uchun foydalanish ko'zda tutilmoqda. Nanomateriallar nihohatda turli- tuman, negaki, bitta strukturada ma'lum xossali materiallardan bir nechasini muvofiqlashtirish yangi xossalarni keltirib chiqarishi mumkin. Shuning uchun nanomateriallarning xossalari ko'p hollarda ularning strukturasi va buning natijasida kelib chiqadigan kvantli cheklovlar bilan aniqlanadi. Keyingi bob nanomateriallarni olish, ularning xossalari va qo'llanilish sohalariga bag'ishlangan.

#### ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. H.O.Abdullayev,S.U.Abdulboriyev Nanotexnologiyalarga kirish Namangan Davlat Universiteti 2012 yil;
2. Алферов Ж.И. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И. Алферов и др. // Наной микросистемная техника. 2003. № 8.
3. Мигдал А.Б. Квантовая физика для больших и маленьких. М.: Наука. 1989. 144с. (Б-чка "Квант". Вып. 75).
4. Нанотехнологии: Азбука для всех / под ред. Ю.Д. Третьякова. М.:

- ФИЗМАТ ЛИТ, 2008. 4. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: пер. с яп. Н. Кобаяси. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
5. Хартманн У. Очарование нанотехнологии: пер. с нем. / У. Харт-манн. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
  6. Демиховский В.Я. Квантовые ямы, нити, точки. Что это такое? / В.Я. Демиховский // Соросовский образовательный журнал. 1997. №5 .
  7. Гольдин Л.Л. Квантовая физика. Вводный курс / Л.Л. Гольдин, Г.И. Новикова. М.: Ин-т компьютерных исследований, 2005.
  8. [www.physikweb.org/ article/news /7/6/16](http://www.physikweb.org/article/news/7/6/16)
  9. <http://ru.wikipedia.org/>
  10. В.В.Светухин и др. Введение в нанотехнологии. Под редакцией Б.М. Костишко, В.Н, Голованова. Ульяновск- 2008. 160с.
  11. N.Raximov, R.Rasulov. Nanofizika va nanoelektronika asoslari. Namangan- 2012. 118-bet.